G 10

(Separatabdruck aus „v. Graefe's Arch. f. Ophthalm." XLV. 1898.)

(3)

Bemerkung zu dem Aufsatze von Hess[1]): Entoptische Beobachtung der Linsenverschiebungen bei der Accommodation.

Von

Prof. W. Koster Gzn.

in Leiden.

Mit 4 Textfiguren.

Jeder Anhänger der Accommodationstheorie von v. Helmholtz wird mit regem Interesse die Angriffe Tscherning's auf die altbewährte Lehre verfolgt haben, während sich ein Gefühl der Erleichterung seiner bemächtigte, als die Hess'sche Vertheidigung der Theorie in diesem Archiv erschien, und die v. Helmholtz'sche Erklärung der Accommodationsvorgänge fester als jemals dastand. Auch ich habe mit wachsender Aufmerksamkeit den experimentellen Streit zwischen Tscherning und Hess verfolgt, zumal da ich Gelegenheit hatte, durch die Freundlichkeit Tschernings mit seinen neuen Instrumenten und Versuchen näher bekannt zu werden, und da ich in dem Laboratorium von Professor Sattler arbeitete, als Hess dort an seinem ersten Patienten das Schlottern der Linse während der Contraction des Ciliarmuskels demonstrirte. Besonders wichtig schien mir der

[1]) Prof. C. Hess, Marburg: Arbeiten aus dem Gebiete der Accommodationslehre. III. Ortsveränderungen der menschlichen Linse während der Accommodation und ihre Messung, nebst Beiträgen zur Theorie der Accommodation. § 1. Entoptische etc. v. Graefe's Arch. XLIII. 3.

1851797

Versuch von Hess, welcher beweisen soll, dass bei maximaler Accommodation die Zonula Zinnii nicht maximal gespannt ist, wie dies die Tscherning'sche Theorie annimmt, sondern im Gegentheil ganz erschlafft, so dass die Linse nach der tiefsten Stelle im Auge sich senkt. Der Beweis besteht darin, dass mittelst eines sehr feinen Loches, welches sich ungefähr im vorderen Brennpunkt des Auges befindet, ein entoptisches Bild der Pupille entworfen wird und zugleich ein solches von den Unregelmässigkeiten in der Linse. In jeder Linse befinden sich wohl kleine, umschriebene, wenig durchsichtige Pünktchen; Hess fand ein solches ungefähr am hinteren Pole seiner Linse, und dieser Linsenpunkt, wie Hess ihn nennt, näherte sich im entoptischen Bilde bei starker Anspannung der Accommodation immer dem höher gelegenen Pupillenrande, was beweisen soll, dass die Linse in Wirklichkeit sich nach der entgegengesetzten Seite bewegt Wenn die übrigen Versuchsbedingungen richtig wären, könnten wir dies wohl annehmen, wiewohl immer an die Möglichkeit gedacht werden muss, dass die Linse eine Bewegung um eine in der äquatorialen Ebene gelegenen Achse machen, und der Linsenpunkt also thatsächlich sich nach oben verschieben könnte, während doch sein Schatten mehr nach unten auf die Retina fiele. Die entoptische Erscheinung würde dann der Hauptsache nach dieselbe sein, wie bei dem Versuch von Hess; dabei würde aber Astigmatismus auftreten und da wir diesen bei starker Accommodationsanstrengung bis jetzt nicht verzeichnet gefunden haben, so ist wohl anzunehmen, dass das Emporsteigen des Schattens ein Sinken der Linse bedeutet.

Dies alles ist aber nur dann richtig, wenn das Auge fortwährend genau denselben Stand in Bezug auf das stenopäische Loch beibehält; denn dreht sich das Auge ein wenig und fällt also der Lichtkegel aus einer anderen Richtung in das Auge, so bewegt sich nicht nur das Bild der Pupille über die Retina, sondern die entoptische Figur der

Linse ändert auch ihre Lage in Bezug auf den Rand der Pupille. Die ganze Figur muss auch eine andere werden, denn die Bilder der Punkte, die weit von der Ebene der Pupille entfernt sind, verschieben sich viel mehr als diejenigen, welche ihr näher liegen; nur diejenigen, welche mit der Pupille in derselben Ebene liegen, bleiben unverrückt in Bezug auf das entoptische Pupillenbild. Nun liegt der Punkt, den Hess für seine Versuche benutzt, ungefähr am hinteren Pole, es werden also sogar kleine Bewegungen des Auges eine Verschiebung des Linsenpunktes im Bilde der Pupille zur Folge haben. Der Versuch von Hess könnte also nur Beweiskraft haben, wenn diesem Einfluss gehörig Rechnung getragen, d. h. wenn der Kopf während des Versuches fixirt gewesen wäre, und der Blick andauernd dieselbe Richtung beibehalten hätte. Ich suche nun aber vergebens nach Vorkehrungen, welche zur Vermeidung dieser Fehlerquellen getroffen wurden: Hess blickte entweder auf eine Milchglasplatte, welche von hinten beleuchtet war, oder auch gegen den klaren Himmel durch die Fensterscheiben. Bei diesem Sachverhalt nimmt es mich Wunder, dass das Ergebniss der Versuche so genau mit den theoretischen Erwägungen übereinstimmte, so dass sogar der Grad des Aufsteigens des Linsenpunktes ganz im Einklang war mit dem Grade der Contraction des Ciliarmuskels. Ich muss mir dies Alles so erklären, dass Hess wirklich den Blick hinter der Blechplatte mit dem stenopäischen Loch nicht merkbar geändert hat.

Ich gebe hier zwei Figuren bei, welche diese entoptische Wahrnehmung der parallaktischen Verschiebung demonstriren, wie wir sie bei der Untersuchung im durchfallenden Lichte kennen: In Fig. 1 ist l der undurchsichtige Punkt der Linse (Linsenpunkt) und o das stenopäische Loch; die Schatten der Pupillenränder fallen auf p' und q', der Schatten des Linsenpunktes auf l' und nach aussen projicirt ist PLQ die entoptische Figur, welche wir uns

sehr nahe vor dem Auge gelegen denken: in Fig. 2 ist das Auge ein Wenig gedreht (ca. 10°), die Schatten fallen jetzt auf q', l' und p' und die entoptische Figur liegt in PLQ. Man sieht leicht ein, dass der Abstand QL grösser sein muss in Fig. 1, als in Fig. 2, und der Abstand PL in Fig. 1 kleiner als in Fig. 2; wenn das Auge sich weiter drehte, würden zuletzt die Schatten des Linsenpunktes l und des Pupillenrandes q zusammenfallen. Dass dies nicht bloss theoretische Betrachtungen sind, geht daraus hervor,

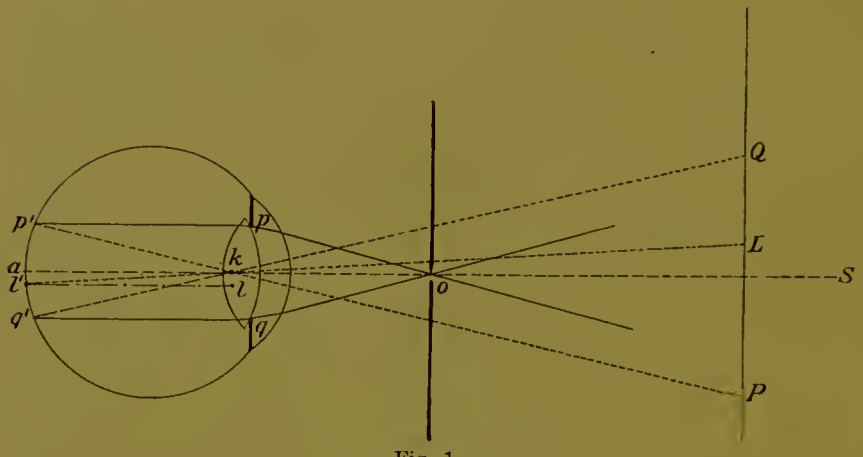


Fig. 1.

dass ich in meinem rechten Auge im entoptischen Bilde einen schwarzen Linsenpunkt sehe, der scheinbar 2 mm vom temporalen Rande des Pupillenbildes entfernt ist; ich schätze die Grösse des entoptischen Bildes der Pupille dabei auf 15 mm. Blicke ich nun nicht mehr gerade aus, sondern ein Wenig nach rechts, so verschwindet der Punkt hinter dem Rande des Pupillenbildes. Die Lage des Linsenpunktes in meinem Auge ist sehr günstig, um den Einfluss der Augenbewegung auf die Stellung des entoptischen Bildes der Linse in Bezug zu dem der Pupille zu demonstriren, wie weiter unten gezeigt werden wird; aber in Wirklichkeit liegt der Linsenpunkt bei Hess derart, dass die Verschiebungen noch grösser sind.

In meiner Fig. 2 habe ich, nach der Drehung des Auges, das entoptische Bild wieder projicirt auf dieselbe Fläche QL, weil in meiner Vorstellung bei Bewegung des Auges das Bild der Pupille sich parallel zu sich selbst zu verschieben scheint. Wollte man es auf eine Fläche $Q'LP'$ projiciren, welche senkrecht zur Augenaxe bei der zweiten Stellung des Auges steht, so würde der Punkt L verhältnissmässig noch mehr nach der Seite, wohin das Auge sich bewegt hat, verschoben sein. Ich mache diese Bemerkung nur um zu zeigen, dass bei den messenden Ver-

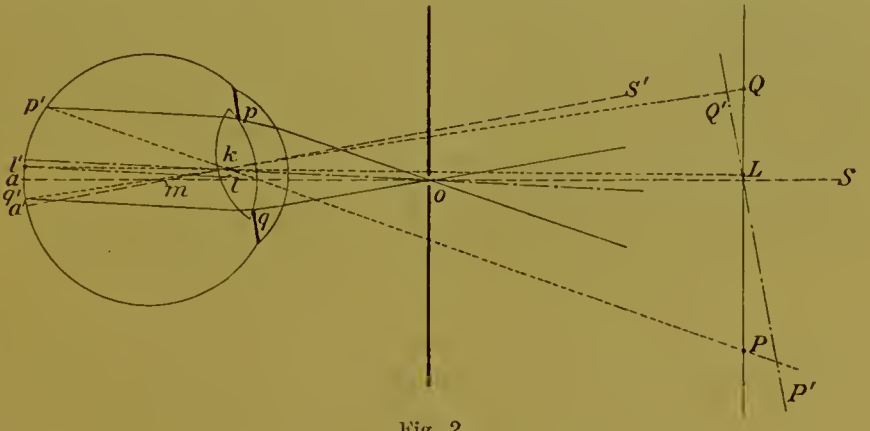


Fig. 2.

suchen von Hess der Winkel und nicht der Abstand in Betracht kommt.

Eine letzte Bemerkung habe ich in Bezug auf die Bestimmung der Linsenbewegung bei Hebung und Senkung des Kopfes zu machen. Wie auch Hess erwähnt, bin ich unabhängig von ihm zu dem Ergebniss gelangt, dass meine Linse nicht messbar nach vorn oder hinten sinkt, wenn ich den Kopf senke oder hebe in dem Augenblick der maximalen Contraction des Ciliarmuskels durch Eserin. Meine Versuchsanordnung bestand aus einem gleichen Apparat, wie ihn auch Hess nachher für seine Versuche gewählt hat. Ich fand damals bei verschiedenen Bestimmungen Unterschiede in der Nahepunktslage von höchstens

5 mm, welche ich aber als Fehler der Messung angemerkt habe; denn erstens war das Mittel der Zahlen ungefähr gleich gross und zweitens fiel es mir bei der sehr engen Pupille ausserordentlich schwer, den allerersten Moment des Ueberschreitens des Nahepunktes anzugeben. Hess findet nun aber constant das Mittel der Lage des Nahepunktes bei gesenktem Kopfe niedriger als dasjenige bei gehobenem Kopfe. Nun mache ich ihm keinen Vorwurf daraus, dass er meine Wahrnehmung unberücksichtigt lässt, und annimmt, dass in jedem Falle die Linse bei stärkster Anspannung des Ciliarmuskels sich von vorn nach hinten verschieben könne, aber ich hätte doch einen sichereren Beweis verlangt. Nehmen wir z. B. die Zahlen bei Herrn Dr. Rosenthal, so ist die Lage des Nahepunktes bei abwärts geneigtem Kopfe in einem Abstande von

11,95; 11,80; 11,65; 11,30; 12 cm

bei aufwärtsgerichtetem Kopfe in einem Abstande von

12,65; 12,80; 12,52; 12,15; 11,8 cm

woraus wir sehen, dass in einem Falle sogar ein Unterschied von 2 mm (12 und 11,8) der Theorie zuwider gefunden wurde. Das Ergebniss der Mittelzahlen hätte Hess seiner Ansicht nach höchstens dazu veranlassen dürfen, die Versuche anders einzurichten, nämlich so, dass ein kleiner Fehler in der Messung der Nahepunktslage, welche hier so ungemein schwierig ist, nicht einen so grossen Einfluss auf das Resultat haben kann. Dies wäre z. B. damit zu erreichen, dass man in den Apparat nahe dem Auge eine negative Linse einfügt, wodurch der Nahepunkt entsprechend weiter abrückt; bringt man ihn z. B. auf 50 cm, so ist dieser Frage besser beizukommen. Für mich bestand damals keine Veranlassung zu dem angegebenen Versuch, als ich bei Hebung und Senkung des Kopfes keinen Unterschied in der Deutlichkeit des Netzhautbildes beobachten konnte.

Der Versuch der Linsenverschiebung an meinem rechten Auge gab nun folgendes Resultat.

Bei einer Pupillenweite von 5 mm fällt der Schatten meines Linsenpunktes im entoptischen Bilde gerade auf den temporalen Rand der Pupille, wenn das stenopäische Loch sich in der Hauptachse des Auges und im vorderen Brennpunkt befindet. Es liegt also die Trübung in meiner Linse 2,5 mm nasalwärts von der Hauptachse, irgendwo hinter der Fläche der Iris. Erweitere ich meine Pupille mittelst Homatropin und stelle ich im vorderen Brennpunkt einen kleinen Schirm mit zwei stenopäischen Löchelchen auf, welche einen gegenseitigen Abstand von 3 mm haben, so entstehen Doppelbilder des Linsenpunktes, welche 80 mm von einander entfernt sind, wenn der Abstand auf eine Ebene in 0,5 m Entfernung vom Auge projicirt wird. Dabei fixire ich das medialwärts gelegene Bild: dadurch wird die Markirung des Abstandes erleichtert und vereinfacht; um zu controliren, ob die Marke mit der Projection des Schattens zusammenfällt, mache ich kleine verticale hin- und hergehende

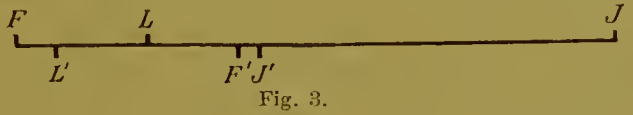


Fig. 3.

Bewegungen entweder mit dem Kopfe oder mit der Marke. Die Berechnung mittelst der bei der obigen Messung gewonnenen Zahlen ergiebt für den Abstand des Linsenpunktes vom hinteren Abschnitt des Auges 16 mm, also liegt die Trübung in meiner Linse im rechten Auge in einer horizontalen Meridianfläche 2.5 mm nasalwärts von der Hauptachse, während ihre Projection auf diese Achse 1 mm vor dem Knotenpunkt gelegen ist. Hess fand den Ort seines Linsenpunktes nahezu am Knotenpunkte, d. h. also 1 mm weiter von der Fläche der Iris entfernt als bei mir, also muss die Fehlerquelle der Augenbewegung bei ihm von noch grösserem Einfluss sein als bei mir. Um diesen Einfluss noch etwas besser hervorzuheben, theile ich hier noch das Resultat zweier Messungen mit vor und nach einer

kleinen Augenbewegung. In der vorstehenden Fig. 3 habe ich die relative Lage des Linsenpunktes (L und L'), des Irisrandes (J und J') und des Fixationspunktes angegeben, wenn dieser von F nach F' verlegt wird. Auf eine Fläche in 0,25 m Entfernung vom Auge projicirt war:

$FL = 14$ mm; $LJ = 50$ mm

$F'L' = 19$ mm; $L'J' = 21$ mm und $FF' = 24$ mm.

Der Drehungswinkel (aus FF' und der Entfernung 0,25 m berechnet) war dabei also

$$\left(tg\,\alpha = \frac{24}{250} = 0{,}096 \text{ und } \alpha = 5^0\,30'.\right)$$

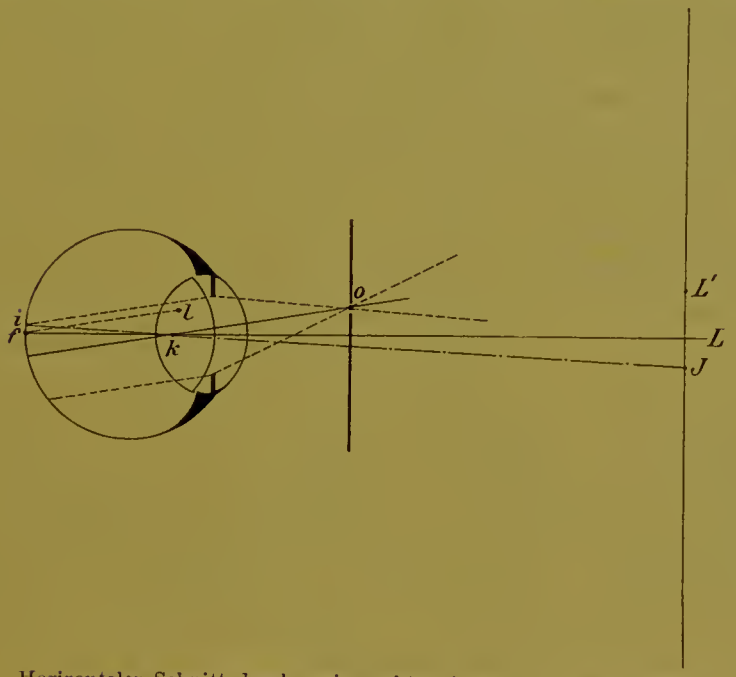
ungefähr fünf Grad. Nun mögen bei diesen Messungen Fehler nicht zu vermeiden sein, es geht aber jedenfalls daraus hervor, dass bei einer kleinen Drehung des Auges die relative Lage von Fixationspunkt, Irisrand und Linsenpunkt eine ganz andere wird.

Nachdem ich diese Messungen angestellt hatte, träufelte ich einprocentige Eserinlösung ein, um zu sehen, wie es sich mit der Verschiebung des Linsenpunktes bei starker Spannung des Ciliarmuskels verhielt. Meine Pupille blieb dabei noch längere Zeit unter dem Einflusse des Homatropins als die Wirkung des Eserins auf meinen Ciliarmuskel schon sehr bedeutend war, wie dies auch Hess angegeben hat.

Während ich nun damit beschäftigt war, meinen Versuch derart einzurichten, dass das Auge bei seitlichen Neigungen des Kopfes immer denselben Stand in Bezug auf das stenopäische Loch beibehalten musste, fiel mir ein, dass ich auch jetzt gewissermaassen den Linsenpunkt als Fixationspunkt benützen könnte. Dafür muss das Löchelchen ein wenig nasalwärts von der Hauptachse liegen; in Fig. 4 sind die Verhältnisse in natürlicher Grösse dargestellt: l ist die Trübung in der Linse, o die stenopäische Oeffnung, und es fallen die Schatten i des Irisrandes, und f des Linsenpunktes dicht neben einander auf die Retina, der Letztere gerade in die Fovea centralis. Wenn das

Auge jetzt fortwährend das entoptische Bild L fixirt, behält es seine Lage in Bezug auf das Löchelchen bei, denn wenn es sich auch nur ein wenig zur Seite stellen würde, müsste der Schatten f sofort die Fovea verlassen, d. h. wir könnten L nicht mehr fixiren.

Ich neigte jetzt, wie dies Hess angegeben hat, meinen Kopf nach der Seite und konnte bestätigen, dass der Linsenpunkt sich immer scheinbar nach oben bewegte, was in



Horizontaler Schnitt durch mein rechtes Auge (von oben gesehen).
Fig. 4.

meinem Falle leicht festzustellen war, da bei Neigung des Kopfes nach links der schwarze Punkt dem Irisrand näher kam, und bei Neigung nach rechts sich deutlich davon entfernte.

Ich habe nicht versucht, hierüber Messungen anzustellen, denn die Sache ist wieder nicht so einfach wie sie Anfangs aussieht. Wenn ich nämlich immer den entoptischen Punkt fixire, ist die scheinbare Verschiebung im entoptischen Pupillargebiete nicht allein auf Rechnung der Linsen-

verschiebung zu schreiben, sondern auch wieder complicirt mit dem Einfluss der Augenbewegung hinter dem Loche, indem sobald die Bewegung der Linse anfängt, z. B. bei Neigung des Kopfes nach rechts, das Auge dem aufsteigenden Linsenpunkt folgt, sich also nach L' bewegt, wodurch das Löchelchen o der Hauptachse des Auges näher kommt und der scheinbare Abstand zwischen Irisrand und Linsenpunkt wieder mehr vergrössert wird u. s. w., bis eine Grenze erreicht ist. Ueberdies hat auch die parallelle Rollbewegung einigen Einfluss auf die Stellung des Auges bei einer Lage des Loches ausserhalb der Hauptachse, und dies Alles macht das Resultat der Berechnung ziemlich problematisch.

Nur noch eines muss sicher gestellt werden, dass nicht die Rollbewegung allein Ursache der Verschiebung des Linsenpunktes im entoptischen Bild sein kann[1]). Wenn ich den Kopf nach der rechten Seite neige, dreht das Auge sich ein wenig nach links zurück; die Trübung der Linse kommt also in Bezug auf das Löchelchen niedriger zu liegen; im entoptischen Bilde äussert sich dies dadurch, dass der Linsenpunkt ein wenig nach oben (in Bezug auf das Auge bei verticaler Kopfstellung) und nasalwärts verschoben wird. Wenn ich also den Linsenpunkt fortwährend fixire, wird das Auge ein wenig nach innen und oben gedreht, d. h. die Distanz zwischen Linsenpunkt und Iris wird grösser in horizontalem Sinne und kleiner in der Richtung nach oben zu. Die ganze Erscheinung würde sich demnach, wenn sie nur Folge der Rollbewegung wäre, äussern als eine Verschiebung des Linsenpunktes parallel

[1]) Anknüpfend an eine Mittheilung von Mulder in Groningen (La rotation compensatrice de l'oeil, en cas d'inclination à droite ou à gauche de la tête: Archives d'Ophthalmologie, août 1897) will ich hier darauf hinweisen, dass eine umschriebene Linsentrübung, wie in meinem rechten Auge, sehr gut dazu dienen kann, die Rollbewegungen des Auges genau zu messen. So weit ich gesehen habe, ist davon noch kein Gebrauch gemacht.

ungefähr dem Pupillenrande, und da wir bei dem Versuch gewiss hauptsächlich eine centrifugale oder centripetale Bewegung sehen, muss die Bewegung der Linse wirklich die Hauptursache sein.

Aus dem oben Dargelegten geht auch mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, was die Ursache gewesen ist, dass Hess doch die Erscheinung der Linsenverschiebung hat feststellen können, wiewohl er auf die Lage des Auges in Bezug zu dem stenopäischen Loche nicht geachtet hat[1]). Er muss, ohne es zu wissen, den Linsenpunkt fortwährend fixirt haben, was um so leichter der Fall sein konnte, als die Trübung bei Hess ganz in der Nähe des Knotenpunktes liegt. Wie ich aber gezeigt habe, darf die Verschiebung nicht ganz auf Rechnung der Linsenverschiebung gestellt werden und es müssen also, wenn Hess überhaupt die Grösse der seitlichen Bewegung der Linse berechnen will, die Versuche revidirt werden.

Damit die Leser dieser Notiz nicht den Eindruck bekommen, dass ich die Arbeit von Hess nicht genügend zu schätzen weiss, hebe ich hier zum Schlusse ausdrücklich hervor, dass nur mein Verlangen, die mitgetheilten Befunde über allen Zweifel festgestellt zu wissen, die Ursache für die in diesem Aufsatze gemachten Bemerkungen ist.

---

[1]) Auf Seite 480 seines Aufsatzes sagt Hess zwar, dass die Lage des Auges in Bezug zu dem kleinen Loche unverändert blieb, aber er hat dabei wahrscheinlich nur gedacht an Fixation des kleinen Schirmes in Bezug zu dem Kopfe.